

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦВЕТОВОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ТОПОЛОГИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ МОДЕЛЕЙ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

*В.Л. Доброскок, Я.Н. Гаращенко, А.В. Погарский
(Национальный технический университет «Харьковский
политехнический институт», Украина)*

Рассмотрены вопросы использования цветовой визуализации элементов триангуляционных моделей промышленных изделий для обеспечения их наглядного представления на базе цветowych моделей RGB и HSV. Представлена структура и основные возможности разработанной подсистемы цветовой визуализации моделей и подсистемы экспорта DBF-образа в PLY, OBJ и OFF форматы.

USING THE COLOUR VISUALIZATION OF MODELS TOPOLOGICAL ELEMENTS IN EDUCATIONAL PROCESS

*Vladimir Dobroskok, Yaroslav Garashchenko, Andrei Pogarsky
(National Technical University «Kharkiv Polytechnical Institute»,
Ukraine)*

«Integrated manufacturing engineering» department of National technical university «Kharkiv polytechnic institute» uses modern information technology in educational process. These technologies also include the colour visualization of computer models, which are used to improve the quality of masters training and increase the analysis capacity in research.

In the article discussed the colour visualization of triangular models of industrial products for its pictorial presentation provision on the basis of RGB and HSV colour models. The structure and main features of developed subsystems of the colour visualization and export DBF image to PLY, OBJ and OFF formats.

Цветовая визуализация учебной информации может позволить решить целый ряд педагогических задач: обеспечение интенсификации обучения, активизации учебной и познавательной деятельности, формирование и развитие критического и визуального мышления, зрительного восприятия и навыков распознавания образов.

Существует проблема эффективного использования интегрированных технологий материализации 3D моделей. Каждая технология имеет свою рациональную область применения, определяемую конструктивными особенностями изделия [1]. Автоматизация определения конструктивных особенностей изделия по его триангуляционной модели

создает основу для рационального выбора технологии материализации и повышения эффективности производства [2]. Дополнительным аспектом проблемы является обучение студентов эффективной работе с 3D моделями промышленных изделий и их верификации.

Большое количество элементов триангуляционной модели (обычно сотни тысяч треугольников) со специфическими взаимными связями требует использования топологической верификации твердотельного изделия. Известно, что топологические свойства триангуляционных моделей не изменяются при любых деформациях, производимых без разрывов или соединений. Применительно к твердотельным 3D моделям использование термина топологический может быть не таким строгим как в топологии. В этом случае топологическая модель определяется наличием и хранением совокупностей элементов и их взаимосвязей. В структуру топологической модели должны входить грани, ребра, вершины, инцидентность (взаимная принадлежность) ребер и вершин, связность элементов и др. Топологический анализ можно рассматривать как создание топологической модели и ее исследование для верификации исходной триангуляционной модели и оценки интегральных топологических свойств.

Геометрические модели в CAD-системах основаны на определенной структуре данных, которая обеспечивает топологическую целостность модели, т. е. сохраняет определенные отношения между элементами.

При моделировании геометрических объектов применяются различные их описания (рис. 1):

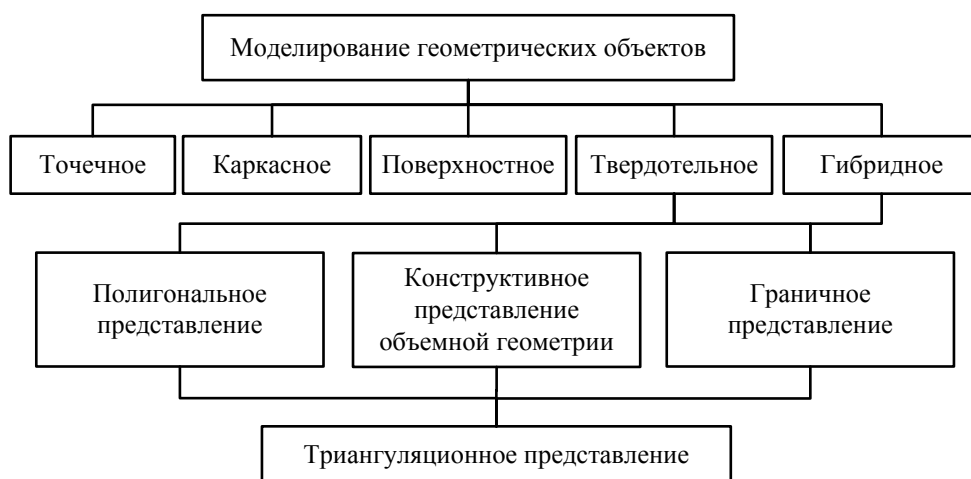


Рис. 1. Основные подходы к моделированию геометрических объектов

Геометрическая форма CAD-моделей в системах твердотельного моделирования описывается достаточно сложными поверхностями различных типов, с учетом особенностей используемых CAD-систем. В целях унификации представления информации о поверхностях моделей для последующей их материализации интегрированными генеративными технологиями производится переход от CAD-моделей к

триангуляционным. Триангуляционное представление модели изделия является приближенным. Точность приближения триангуляционной модели к исходной CAD-модели обеспечивается использованием достаточно большого количества треугольников.

Триангуляционная модель (triangulation model) – частный случай полигональной модели, когда все грани представлены треугольниками. В триангуляционных моделях одновременно представлены элементы трех топологических порядков: точки (вершины), линии (ребра) и грани (плоские треугольники). Основные требования к триангуляционной модели твердотельного объекта – замкнутость и связность. Замкнутость поверхности триангуляционной модели – топологическое понятие, означающее отсутствие ребер с числом смежности $A_{Edge} \neq 2$ и вершин $A_{Vert} < 3$. Связность объекта (многогранника) означает то, что он не состоит из нескольких непересекающихся объектов, т. е. от любой вершины можно перейти к любой вершине по ребрам. Смежностью ребра называют количество его вхождений в треугольники триангуляционной модели. Числом смежности (степенью) вершины называют количество ее вхождений в ребра триангуляционной модели.

Переход от CAD-модели изделия к триангуляционному представлению осуществляется в современных системах твердотельного моделирования экспортом в STL-формат. Формат был разработан в целях унификации исходных данных для систем материализации интегрированными генеративными технологиями. STL-файл представляет собой структурированную информацию в виде множества треугольников, представленных координатами вершин с указанием значений направляющих косинусов нормалей.

Цветовая визуализация - создание условий для зрительного наблюдения с использованием цвета. В общем смысле - метод представления информации в виде оптического цветного изображения.

Особенно эффективно методы цветовой визуализации могут использоваться для представления топологических характеристик триангуляционных моделей промышленных изделий.

При визуализации триангуляционных моделей могут использоваться два подхода для цветового выделения исследуемых топологических признаков: дискретное задание цветов по заданным условиям или использование цветовых шкал для интервала изменения исследуемого признака.

Анализ информационных источников показал, что для решения задач цветовой визуализации достаточно использовать цветовые модели RGB, HSV и их комбинацию.

Цветовая модель RGB. RGB-модель основана на сложении трех основных цветов (компонент): красного (Red), зеленого (Green) и синего (Blue). Каждый из этих цветов имеет диапазон дискретных значений

яркости $0 \div 255$. Необходимый цвет достигается посредством складывания трех основных цветов с заданными уровнями интенсивности (аддитивная модель). RGB-модель является базовой для компьютерных устройств и программ цветовой визуализации. Максимальное число воспроизводимых оттенков цвета составляет $256 \times 256 \times 256 \cong 16.7$ млн. цветов [3].

Недостатком RGB-модели является невозможность построения цветовых шкал для визуализации изменений исследуемых признаков, поскольку трудно предвидеть последствия даже небольших изменений цветовых компонент R, G, B [4].

Цветовая модель HSV. HSV-модель основана на предположении, что цвет может быть описан единственной монохроматической волной – цветовым тоном (оттенком) H с дополнительным заданием насыщенности S и светлоты (значение цвета, яркость) V [4]. Параметры данной цветовой модели следующие:

H (Hue) – цветовой тон, одна из основных характеристик цвета определяющая его оттенок, варьируется в пределах $0^\circ \div 360^\circ$;

S (Saturation) – насыщенность, характеризует качество чистоты хроматического цветового тона, чем ближе этот параметр к нулю, тем выбранный цвет светлее, варьируется в пределах $0 \div 255$ ($0 \div 1$ или $0 \div 100$);

V (Value) – яркость, чем ближе этот параметр к нулю, тем выбранный цвет темнее, варьируется в пределах $0 \div 255$ ($0 \div 1$ или $0 \div 100$).

В компьютерной графике параметры S и V принято представлять целым числом от 0 до 255.

Основным преимуществом модели HSV является возможность построения цветовых шкал для визуализации исследуемых признаков.

Цветовая шкала отображает изменение исследуемого признака, используя цветовые оттенки для заданной цветовой модели ($S = S_{base}$, $V = V_{base}$). Цветовая шкала имеет начальный $H = H_{Top}$ и конечный цвета $H = H_{End}$, в диапазоне которых размещаются все соответствующие спектру оттенки. Для исходной модели HSV: $H_{Top} = 0^\circ$, $H_{End} = 360^\circ$ ($H_{Top} < H_{End}$), что обеспечивает плавный переход между шестью основными цветами: красный \Rightarrow желтый \Rightarrow зеленый \Rightarrow голубой \Rightarrow синий \Rightarrow пурпурный [5]. При создании специальных цветовых шкал диапазон оттенков цветов можно сократить ($H_{Left} > 0^\circ$ и/или, $H_{Right} < 360^\circ$) или порядок оттенков поменять на обратный ($H_{Left} > H_{Right}$). При цветовой визуализации компьютерных моделей обычно принимается: $S_{Base} = V_{Base} = 255$, т. е. максимально возможные значения насыщенности и яркости (призматические цвета) [6].

Цветовая визуализация с учетом значений исследуемого признака X ($x_{min} \leq x \leq x_{max}$) выполняется в два этапа:

- переход $x \Rightarrow H = f(x; x_{min}, x_{max}, H_{Left}, H_{Right})$;
- переход HSV \Rightarrow RGB: R, G, B = $f(H; S_{Base}, V_{Base})$.

Переход $x \Rightarrow H$. Переход от визуализируемого цветом текущего значения x к значению H цветности шкалы HSV для линейных шкал

выполняется по следующим зависимостям (задача о пропорциях с учетом частных случаев):

- $H = H_{Left}$, если $(x = x_{min} \text{ и } H_{Left} \leq H_{Right})$ или $(x = x_{max} \text{ и } H_{Left} \geq H_{Right})$;
- $H = H_{Right}$, если $(x = x_{max} \text{ и } H_{Left} \leq H_{Right})$ или $(x = x_{min} \text{ и } H_{Left} \geq H_{Right})$;
- $H = [(x - x_{min}) / (x_{max} - x_{min})] \times (H_{Right} - H_{Left}) + H_{Left}$, если $H_{Left} < H_{Right}$;
- $H = [(x - x_{min}) / (x_{max} - x_{min})] \times (H_{Left} - H_{Right}) + H_{Right}$, если $H_{Left} > H_{Right}$;

где H_{Left} , H_{Right} – левое и правое значения цветовой шкалы HSV;
 x_{min} , x_{max} – минимальное и максимальное возможные значения x .

Переход HSV \Rightarrow RGB. Схема перехода представлена на рис. 2. Функции перехода для каждой из компонент RGB являются кусочно-линейными и сдвинуты относительно друг друга на 120°.

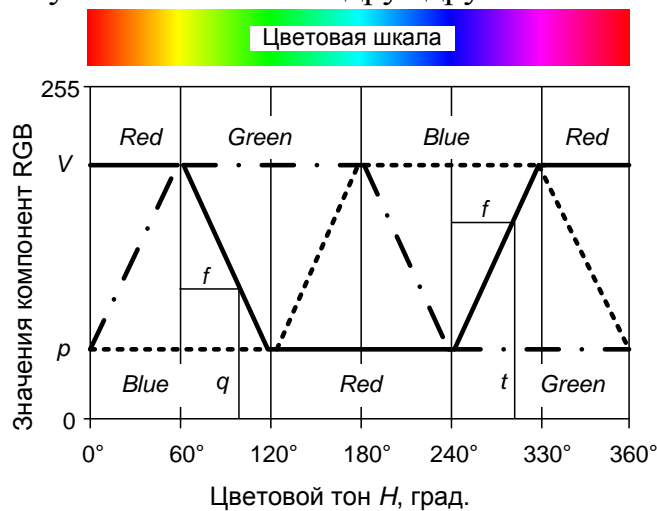


Рис. 2. Схема перехода от цветовой модели HSV к RGB

Общий алгоритм перехода HSV \Rightarrow RGB представлен в [7]. Для случая $H = 0 \div 360^\circ$; $S, V, R, G, B = 0 \div 255$ расчет выполняется по следующим зависимостям в два этапа (определение вспомогательных переменных и непосредственно компонент RGB).

Определение вспомогательных переменных:

- целочисленная часть выражения $H / 60 \Rightarrow H_i$;
- дробная часть выражения $H / 60 \Rightarrow f$;
- максимально возможное значение $R/G/B \Rightarrow V$;
- минимально возможное значение $R/G/B \Rightarrow p$:
 $p = V(1 - S / 255)$;
- амплитуда (интервал изменения) значений $R/G/B \Rightarrow A$:
 $A = V - p = VS / 255$;
- значение $R/G/B$ для нисходящей линии $\Rightarrow q$:
 $q = A(V - f) = V(1 - fS / 255)$;
- значение $R/G/B$ для восходящей линии $\Rightarrow t$:
 $t = p + fA = V[1 - (1 - f)S / 255]$.

Определение компонент RGB:

- если $H_i = 0$
или 6, $\begin{matrix} R & G & B \\ o & = V, & = t, & = p; \end{matrix}$
- если $H_i = 1$, $\begin{matrix} R & G & B \\ o & = q, & = V, & = p; \end{matrix}$
- если $H_i = 2$, $\begin{matrix} R & G & B \\ o & = p, & = V, & = t; \end{matrix}$
- если $H_i = 3$, $\begin{matrix} R & G & B \\ o & = p, & = q, & = V; \end{matrix}$
- если $H_i = 4$, $\begin{matrix} R & G & B \\ o & = t, & = p, & = V; \end{matrix}$
- если $H_i = 5$, $\begin{matrix} R & G & B \\ o & = V, & = p, & = q. \end{matrix}$

Система морфологического анализа. Рассмотренные подходы к цветовой визуализации реализованы в системе морфологического анализа триангуляционных 3D моделей изделий [8], разработанной на кафедре «Интегрированные технологии машиностроения» им. М.Ф. Семко Национального технического университета «Харьковский политехнический институт».

Цветовая визуализация отдельных элементов триангуляционных моделей может выполняться с использованием дискретного задания цветов (RGB и/или HSV) или цветовой шкалы HSV (рис. 3). Выбор стратегии цветовой визуализации определяется особенностями топологического или конструктивно-технологического анализа в контексте решаемой производственной или учебной задачи.

Задание цвета модели осуществляется на основе данных, полученных в процессе морфологического анализа составляющих поверхности триангуляционной модели. Подсистема позволяет производить окраску следующих элементов триангуляционной модели: вершин, граней или ребер. Визуальное восприятие топологических особенностей модели достигается путем сопоставления заданной цветовой шкалы с исследуемым признаком.

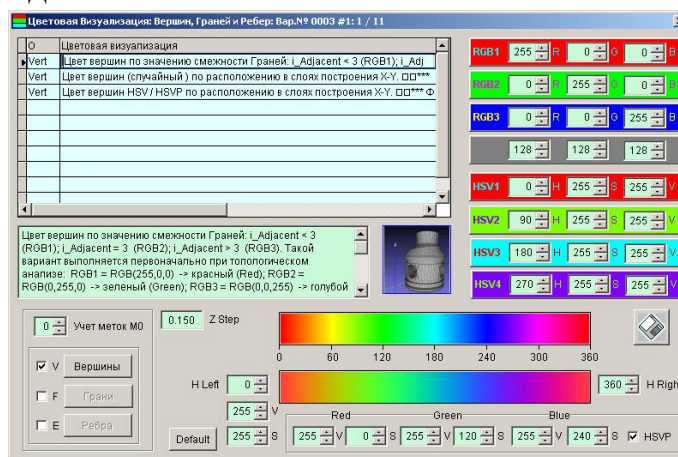


Рис. 3. Экранная форма подсистемы цветовой визуализации

Для дальнейшей работы с моделью выполняется ее экспорт в форматы поддерживающие цвет (рис. 4): PLY (вершины / грани / ребра); OBJ или OFF (только вершины).

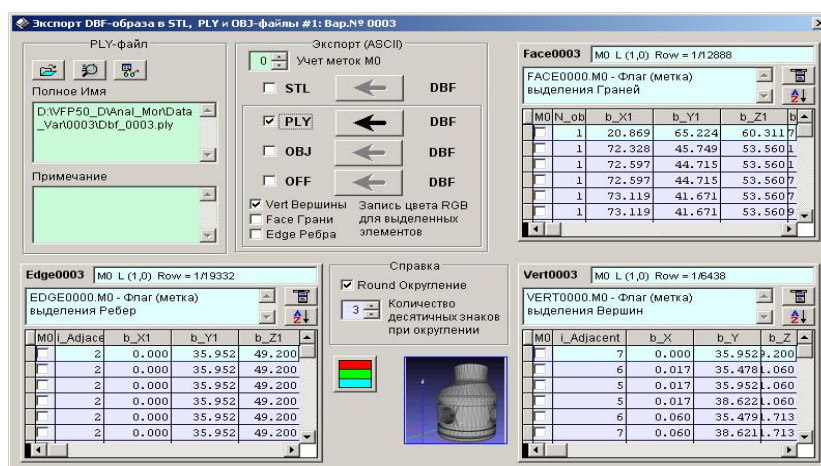


Рис. 4. Экранная форма подсистемы экспорта триангуляционных моделей

Раскраска вершин при просмотре реализуется как градиентная раскраска треугольных граней в соответствии с цветом смежных вершин. Для просмотра и редактирования созданных файлов в учебном процессе используется программа MeshLab с достаточным набором инструментальных средств и бесплатная, что немаловажно для учебных заведений.

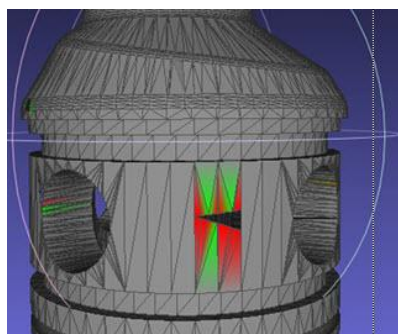


Рис. 5. Смежность граней

Рассмотрим примеры цветовой визуализации триангуляционных моделей.

- Цветовая визуализация вершин по значению смежности граней (рис. 5). Вершинам задается один из трех заданных цветов. Например, если в вершине смежность граней $A_{Vert} < 3$, то задается цвет RGB 1 (красный), если $A_{Vert} = 3 \Rightarrow$ RGB 2 (зеленый), $A_{Vert} > 3 \Rightarrow$ RGB 3 (серый). Это позволяет визуально определить отсутствующие грани, нарушающие замкнутость поверхности модели и приводящие к сбою установок послойной материализации изделий.

Цветовая визуализация граней (рис. 6) относительно осей x , y , z , где ориентация граней определяется по направляющим косинусам нормали (модель HSV).

- Цветовая визуализация граней в зависимости от значения площади треугольников (модель HSV). Исследуемым признаком, определяющим цветовой тон в данном случае является величина площади грани. Левая граница цветовой шкалы цветового тона подразумевает наибольшее значение площади граней, а правая - наименьшее (рис. 7). Таким образом, цветовая шкала дает наглядное представление о размерах треугольников.

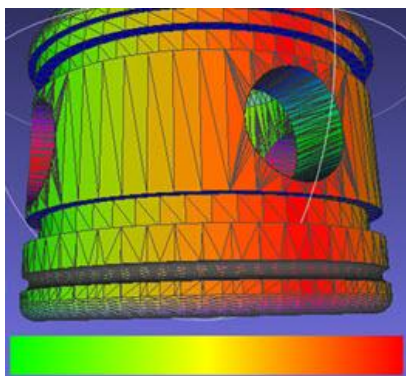


Рис. 6. Ориентация граней

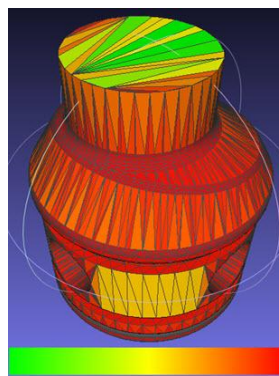


Рис. 7. Площадь граней

Проведенные работы по использованию цветовой визуализации топологических элементов триангуляционных моделей в учебном процессе позволяют сделать следующие выводы:

- правильно выбранная цветовая визуализация позволяет выявить объективные характеристики форм моделей;
- цветовая визуализация пространственных моделей может позволить решить целый ряд педагогических задач: обеспечение интенсификации обучения, активизацию учебной и познавательной деятельности, формирование и развитие критического и визуального мышления, зрительного восприятия и навыков распознавания образов;
- для более полной реализации потенциала рассмотренных подходов необходимо выполнить глубокую исследовательскую проработку взаимосвязи характеристик геометрических форм и цвета.

Список литературы

1. Интегрированные генеративные технологии: учеб. пособие для студ. выс. учеб. заведений / А.И. Грабченко, Ю.Н. Внуков, В.Л. Доброскок, Л.И. Пупань, В.А. Фадеев; под ред. А.И. Грабченко. Харьков: НТУ «ХПИ», 2011. 416 с.
2. Топологический анализ триангуляционных 3D моделей изделий / Доброскок В.Л., Фадеев В.А., Абдурайимов Л.Н., Чернышов С.И. // Високі технології в машинобудуванні: зб. наук. пр. Харків: НТУ «ХПИ». 2011. Вип. 1 (21). С. 74-86.
3. Петров М. Компьютерная графика (+CD): учебник для вузов / М. Петров, В. Молочков. СПб.: Питер, 2003. 736 с.
4. Божко А.Н. Компьютерная графика: учеб. пособие для вузов / Божко А.Н., Жук Д.М., Маничев В.Б. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. 418 с.
5. Порев В.Н. Компьютерная графика / В.Н. Порев. СПб.: БХВ-Петербург, 2002. 432 с.
6. Иттен И. Искусство цвета / И. Иттен. М.: Изд. Д. Аронов, 2004. 95 с.

7. Шикин Е.В. Компьютерная графика. Полигональные модели / Шикин Е.В., Боресков А.В. М.: Диалог-МИФИ, 2001. 464 с.

8. Морфологический анализ триангуляционных моделей промышленных изделий / Доброскок В.Л., Фадеев В.А. Гаращенко Я.Н., Чернышов С.И. // Резание и инструмент в технологических системах. Харьков: НТУ «ХПИ». Вып. 79. 2011. С. 52-63.

ИЗ ОПЫТА УЧАСТИЯ КАФЕДРЫ «АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ» НТУ «ХПИ» В ПРОЕКТЕ TEMPUS MPRAM

В.Б. Клепиков, Ю.В. Кутовой
(Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт», Украина)

В статье обобщен опыт участия кафедры «Автоматизированные электромеханические системы» НТУ «ХПИ» в рамках проекта «ТЕМПУС МРАМ». Подтверждена целесообразность создания специализации «Мехатроника» на основе специальности «Электромеханические системы автоматизации и электропривод». Выделены основные признаки сходства мехатронных и электромеханических систем. Делается вывод о необходимости обновления учебных программ. Приведены примеры студенческих работ по специализации «Мехатроника».

EXPERIENCE OF PARTICIPATION OF «AUTOMATED ELECTROMECHANICAL SYSTEMS» DEPARTMENT OF NTU «KHPI» IN THE PROJECT TEMPUS MPRAM

Volodymyr Klepikov, Iurii Kutovyi
(National Technical University «Kharkiv Polytechnical Institute»,
Ukraine)

The article is devoted to the experience of work in the European project TEMPUS «EU-PC double degree master program in automation/mechatronics» and foundation of the specialization «mechatronics» in NTU «KhPI».

Участие в проекте кафедры «Автоматизированные электромеханические системы» (АЭМС) Национального технического университета «Харьковский политехнический институт» (НТУ «ХПИ») побудило нас более внимательно рассмотреть вопросы, связанные с подготовкой специалистов по мехатронике.

Традиционно кафедра готовила инженеров, а в последнее время бакалавров, специалистов и магистров, по направлению